

課程編號：26M027

115 全國夏季學院課程計畫書

所屬學校	國立清華大學
課程中文名稱	有趣的粒子物理簡介
課程英文名稱	Brief introduction of particle physics
授課教授中文姓名	張蓉
任職單位/系所	通識教育中心
授課教授 e-mail	chang.jung@gapp.nthu.edu.tw

二、課程規劃							
課程名稱	有趣的粒子物理簡介						
課程類別	<input type="checkbox"/> A 類討論課 <input checked="" type="checkbox"/> C 類一般課						
授課方式	<input type="checkbox"/> 實體課程 <input checked="" type="checkbox"/> 同步遠距課程 (請檢附相關通過辦法之文件、會議記錄等) <input type="checkbox"/> 非同步遠距課程 同步課程張蓉老師-校課委會議記錄.jpg						
課程領域	<input type="checkbox"/> 文學與藝術 <input type="checkbox"/> 歷史思維 <input type="checkbox"/> 世界文明 <input type="checkbox"/> 哲學與道德思考 <input type="checkbox"/> 公民意識與社會分析 <input type="checkbox"/> 數學數位與量化分析 <input checked="" type="checkbox"/> 物質科學 <input type="checkbox"/> 生命科學						
與課程相關之 聯合國永續發展目標(SDGs) (複選)	<input type="checkbox"/> SDG1 消除貧窮 (No Poverty) <input type="checkbox"/> SDG2 消除飢餓 (Zero Hunger) <input type="checkbox"/> SDG3 良好健康和福祉 (Good Health and Well-being) <input checked="" type="checkbox"/> SDG4 優質教育 (Quality Education) <input type="checkbox"/> SDG5 性別平等 (Gender Equality) <input type="checkbox"/> SDG6 潔淨水與衛生 (Clean Water and Sanitation) <input checked="" type="checkbox"/> SDG7 可負擔的潔淨能源 (Affordable and Clean Energy) <input type="checkbox"/> SDG8 尊嚴就業與經濟發展 (Decent Work and Economic Growth) <input type="checkbox"/> SDG9 產業創新與基礎設施 (Industry, Innovation and Infrastructure) <input type="checkbox"/> SDG10 減少不平等 (Reduced Inequalities) <input type="checkbox"/> SDG11 永續城市與社區 (Sustainable Cities and Communities) <input type="checkbox"/> SDG12 負責任的消費與生產 (Responsible Consumption and Production) <input type="checkbox"/> SDG13 氣候行動 (Climate Action) <input type="checkbox"/> SDG14 水下生命 (Life below Water) <input type="checkbox"/> SDG15 陸域生命 (Life on Land) <input type="checkbox"/> SDG16 和平正義與有力的制度 (Peace, Justice and Strong Institutions) <input type="checkbox"/> SDG17 夥伴關係 (Partnerships for the Goals)						
英文授課比例	<input type="checkbox"/> 全中文授課(上課語言、材料皆無英文) <input type="checkbox"/> 全英文授課(上課語言、材料皆無中文) <input checked="" type="checkbox"/> 中文、英文皆有 上課語言 (中文：95%；英文：5%) 教材 (中文：80%；英文：20%) (因同學英文程度不同，請務必註明，以供學生選課評估)						
修課人數上限	80 人						
特殊限制	<table border="1"> <tr> <td>是否開放高中生修課</td> <td><input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>是否開放準大學生 (高三升大一之新生) 修課</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>是否開放研究生修課</td> <td><input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否</td> </tr> </table>	是否開放高中生修課	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	是否開放準大學生 (高三升大一之新生) 修課	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否開放研究生修課	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
是否開放高中生修課	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否						
是否開放準大學生 (高三升大一之新生) 修課	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否						
是否開放研究生修課	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否						
學分數	2 學分						
上課起迄日	2026-07-06 ~ 2026-08-14						

上課總週數	上課共6週，是否連續每週排課？ <input checked="" type="checkbox"/> 是，上課時間連續數週不中斷 <input type="checkbox"/> 否，中間中斷 週
上課地點	<input type="checkbox"/> 同步遠距 同步遠距 校區
上課教室	<input checked="" type="checkbox"/> 已確定：Teams 線上同步教室 <input type="checkbox"/> 尚未確定
上課時間及節數	07/06 07/13 07/20 07/27 08/03 08/10 星期一 10:00 ~ 11:50 共 6 次 07/08 07/15 07/22 07/29 08/05 08/12 星期三 10:00 ~ 11:50 共 6 次 07/10 07/17 07/24 07/31 08/07 08/14 星期五 10:00 ~ 11:50 共 6 次

課程目標		
<p>本通識課程將以概念性與歷史發展為主軸，介紹現代粒子物理的重要發現、相關實驗方法，以及這些研究如何影響我們對宇宙與物質本質的理解。同時，課程也將探討標準模型的限制，以及目前仍未被直接觀測、但可能存在於宇宙中的未知物質，培養學生對前沿科學議題的基本認識與科學思辨能力。</p>		
教學內容及進度		
次別	上課日期/時間	課程內容
1	2026/07/06 (一) 10:00 - 11:50	課程大綱、評分標準、教學方式簡介： 第一堂課程將簡介課程大綱、評分方式，並介紹粒子物理課程內容。
2	2026/07/08 (三) 10:00 - 11:50	電子：這堂課將介紹電子的發現，測量電子電荷的油滴實驗等，以及加速帶電粒子產生的輻射。
3	2026/07/10 (五) 10:00 - 11:50	光子：這堂課將介紹光的粒子性、波動性，以及光電效應及太陽能發電等。
4	2026/07/13 (一) 10:00 - 11:50	輕子與反粒子：從宇宙射線中，發現正子、渺子等粒子。正子是電子的反粒子，帶電的渺子和電子同為輕子。這堂課將介紹輕子（電子、渺子、 τ 子）及反粒子相關內容。
5	2026/07/15 (三) 10:00 - 11:50	微中子（一）：微中子是質量最輕的粒子，但標準模型尚未能夠解釋它的質量來源。這堂課將介紹它的發現、微中子震盪以及相關實驗。
6	2026/07/17 (五) 10:00 - 11:50	質子、中子、介子與夸克：這堂課將介紹質子、中子、介子以及組成這些粒子的基本粒子夸克。
7	2026/07/20 (一) 10:00 - 11:50	原子與核能發電： 這堂課將介紹原子以及核能發電。
8	2026/07/22 (三) 10:00 - 11:50	電弱作用力與強作用力：這堂課將介紹電弱作用力與 W 和 Z 玻色子，以及強作用力與膠子。
9	2026/07/24 (五) 10:00 - 11:50	標準模型與希格斯粒子：希格斯粒子是標準模型中最後一個被觀測到的粒子，在標準模型中可以解釋質量的起源。這堂課將介紹它的發現以及如何賦予粒子質量。
10	2026/07/27 (一) 10:00 - 11:50	對撞機物理，期中報告總結回顧（一）
11	2026/07/29 (三) 10:00 - 11:50	微中子實驗、暗物質搜尋、重力波探測，期中報告總結回顧（二）
12	2026/07/31 (五) 10:00 - 11:50	微中子（二）：微中子是質量最輕的粒子，但標準模型尚未能夠解釋它的質量來源。這堂課將介紹解釋微中子質量的新物理理論模型。

13	2026/08/03 (一) 10:00 - 11:50	頂夸克：頂夸克是標準模型中最後一個被觀測到的夸克，這堂課將介紹它的發現，以及質量、特性等研究。
14	2026/08/05 (三) 10:00 - 11:50	宇宙起源與暗物質（一）：透過天文望遠鏡探測數據、宇宙微波背景輻射等資訊，幫助我們逐步解鎖宇宙起源的奧秘。
15	2026/08/07 (五) 10:00 - 11:50	宇宙起源與暗物質（二）：透過天文望遠鏡探測數據、宇宙微波背景輻射等資訊，幫助我們逐步解鎖宇宙起源的奧秘。
16	2026/08/10 (一) 10:00 - 11:50	其他新粒子：標準模型是目前被實驗證實最全面的粒子物理理論模型，但標準模型中不能解釋微中子的質量來源以及暗物質等的新物質。這堂課將介紹新物理模型以及實驗觀測新粒子的方向。
17	2026/08/12 (三) 10:00 - 11:50	粒子物理 過去、未來與展望：綜觀粒子物理的理論與實驗發展，理解基礎科學如何塑造現代物理觀。 展望其對宇宙學觀測、量子科技與未來應用研究的啟發與影響。
18	2026/08/14 (五) 10:00 - 11:50	課程總結與回顧期末報告

教學助理規劃	不需申請教學助理
指定用書	本課程沒有指定用書，將使用自編講義。
參考書籍	<p>參考資料（依照課程安排先後排序）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Griffiths, D. J. (1987). Introduction to elementary particles. Wiley. 2. Longair, M. S. (1998). Galaxy formation. Springer. 3. Willenbrock, S. (2004). Symmetries of the Standard Model. arXiv:hep-ph/0410370. 4. Particle Data Group. (2024). Review of Particle Physics. Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2024(8), 083C01. https://pdg.lbl.gov 5. 繆勒, & 顏誠廷. (2014). 給未來總統的能源課: 頂尖物理學家眼中的能源真相 (初版). 漫遊者文化. 6. Mohammed, M., Białas, P., Curceanu, C., Czerwiński, E., Dulski, K., Gajos, A., ... Moskal, P. (2017). A method to produce linearly polarized positrons and positronium atoms with the J-PET detector. Acta Physica Polonica A, 132(5), 1486–1489. https://doi.org/10.12693/APhysPolA.132.1486 7. Liu, H., Qiu, T., & Xianyu, Z. (2021). Gravitational corrections to two-loop beta function in quantum electrodynamics (arXiv:2105.12577 [hep-th]). https://arxiv.org/abs/2105.12577 8. Morishima, K., Kuno, M., Nishio, A., Kitagawa, N., Manabe, Y., Moto, M., Takasaki, F., Fujii, H., Satoh, K., Kodama, H., Hayashi, K., ... Tayoubi, M. (2017). Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons. Nature, 552(7685), 386–390. https://doi.org/10.1038/nature24647 9. IceCube Collaboration. (n.d.). IceCube Neutrino Observatory. Retrieved December 7, 2025, from https://icecube.wisc.edu/ 10. Super-Kamiokande Collaboration. (n.d.). Super-Kamiokande experiment. Retrieved December 7, 2025, from https://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/ 11. Kazmierczak, J. (2021, April 17). NASA's NICER probes the squeezability of neutron stars. NASA. https://www.nasa.gov/universe/nasas-nicer-probes-the-squeezability-of-neutron-stars/ 12. Kazakov, D. I. (2001). Beyond the Standard Model (In Search of Supersymmetry). arXiv preprint arXiv:hep-ph/0012288. https://arxiv.org/abs/hep-ph/0012288

	<p>13. Halzen, F., & Martin, A. D. (1984). Quarks and leptons: An introductory course in modern particle physics. John Wiley & Sons.</p> <p>14. LHC Higgs Cross Section Working Group, Heinemeyer, S. (Ed.). (2013). Handbook of LHC Higgs cross sections: 3. Higgs properties (CERN Report CERN-2013-004). https://doi.org/10.5170/CERN-2013-004 (arXiv:1307.1347 [hep-ph])</p> <p>15. Jones, B. J. P. (2022). The Physics of Neutrinoless Double Beta Decay: A Primer. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.09364</p> <p>16. STEREO Experiment / Wurm, M. (n.d.). About the Stereo Experiment. Retrieved December 7, 2025, from https://www.stereo-experiment.org/scientific.php</p> <p>17. Pradler, J., Singh, B., & Yavin, I. (2013). On an unverified nuclear decay and its role in the DAMA experiment. Physics Letters B, 720 (4-5), 399–404. https://doi.org/10.1016/j.physletb.2013.01.006</p> <p>18. Kelly, R. (2021, January). The beginning to the end of the universe: The cosmic dark ages. Astronomy.com. https://www.astronomy.com/science/the-beginning-to-the-end-of-the-universe-the-cosmic-dark-ages/</p> <p>19. Martin, S. P. (1997). A Supersymmetry Primer. arXiv:hep-ph/9709356. https://arxiv.org/abs/9709356</p> <p>20. Heinrich, M., Miri, M.-A., Stützer, S., El-Ganainy, R., Nolte, S., Szameit, A., & Christodoulides, D. N. (2014). Supersymmetric mode converters. Nature Communications, 5, 3698. https://doi.org/10.1038/ncomms4698</p>
作業設計	<p>期中書面報告 40%報告題目：粒子物理實驗介紹（包括：Tevatron, LHC 大強子對撞機, ILC, 100TeV 對撞機, 超級神岡探測器, IceCube, AMS, 重力波探測器.....）。報告內容：包含實驗站的簡介、目的、探測的內容、.....。書面報告：五頁 A4 以內。</p> <p>期末書面報告 40%題目二選一：（一）介紹這個粒子的動機、粒子的介紹（歷史、探測實驗/新物理模型、.....）、介紹完這個粒子的心得、參考資料，三頁 A4 以內。（二）介紹這位粒子物理學家的動機、粒子物理學家的介紹（生平、貢獻、.....）、介紹完這位物理學家的心得、參考資料，三頁 A4 以內。</p> <p>書面報告：三頁 A4 以內。</p>
成績評定方式	<p>出席率 10%每次隨機點 10 位同學，點到名的同學，需發問一個課程相關問題。有事請先 email 請假，一次未到+未發問問題：扣 2 分。</p>

	<p>課程參與度 10%第一堂課開始計算。每堂課程中，發言、提問（不限次數）加 1 分，最高累加到 10 分。例：A 同學第一堂課發言 3 次，第二堂課發言 1 次，第三堂課發言 5 次，共計課程參與度得 3 分。同學發問若與課程內容關聯性低，將請同學自行上網查詢相關知識。</p> <p>期中書面報告 40%</p> <p>期末書面報告 40%</p>	
預估學生一週須投入時間	<p>課堂：6 小時(一週三堂，一堂 2 小時) 作業：1~2 小時(依照課程內容閱讀、查找報告相關實驗、粒子等資料)</p>	
修課程度建議	<p><input checked="" type="checkbox"/>無基礎要求，有興趣皆可修課</p> <p><input type="checkbox"/>建議說明：</p>	
課程文字介紹	<p>地球上的所有物質皆由原子與分子所構成，而分子由原子組成，原子則進一步由電子、質子與中子構成。然而，隨著科學研究的進展，人類逐漸發現自然界的基本組成並不僅止於此。透過宇宙射線的觀測以及大型粒子對撞機等實驗，科學家揭示了更多種類的基本粒子，例如構成質子與中子的夸克（quark）、由夸克組成的介子（meson）、與電子具有相同電荷但質量較大的渺子（muon），以及質量極小、幾乎不與物質作用的微中子（neutrino）等。</p> <p>為了系統性地理解這些粒子及其交互作用，物理學家建立了粒子物理的「標準模型」（Standard Model），用以描述目前已知的基本粒子及其所遵循的自然定律。2012 年，大強子對撞機（Large Hadron Collider, LHC）成功觀測到希格斯粒子（Higgs particle），完成了標準模型中關鍵理論的實驗驗證。</p>	
課程宣傳	海報	無
	影片	
其他補充資料		